

4G 网络的移动视频体验评估研究

杨世铭 张之江

(上海大学通信与信息工程学院 上海 200072)

摘要: 随着4G技术的普及和互联网快速发展,OTT视频、直播等视频业务迅速爆发,移动视频业务逐渐成为最主要的流量入口,因此需要一系列的指标来衡量4G移动网络下的视频质量,进而反映用户在观看视频的体验。当前衡量视频体验评估的研究中,主要方法是基于服务质量(QoS)和基于用户体验质量(QoE),QoS没有考虑用户的主观评价,不能有效地衡量视频质量和用户体验。基于QoE的方法从用户观看视频的主观要素和客观要素出发,能够有效地反映观看视频带给用户的体验。本文研究了无线参数、视频参数、播放参数和终端参数对移动视频体验的影响,基于层次模型(analytic hierarchy process,AHP)建立了移动视频体验评估模型,并开发了基于ijkplayer视频播放器框架的视频体验评估软件VideoMos,评估准确率达到71.57%,具有一定的参考价值。

关键词: MOS; QoE; 层次模型; ijkplayer; VideoMos

中图分类号: TP393; TN919.82 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Study on mobile video experience evaluation over 4G network

Yang Shiming Zhang Zhijiang

(School of Communications and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: With the rapid development of 4G network and the Internet, OTT video and live video outbreak rapidly, the mobile video business has gradually become the most important flow entry, so we need a series of indicators to measure video service performance over 4G mobile network. Current main method is based on the quality of service (QoS) and the quality of experience (QoE). QoS does not take into account users' subjective opinion and fail to measure video quality and user experience effectively. The approach based on the QoE involves the user subjective factor while watching video and objective factor, which can reflect user mobile video experience effectively. This paper studies the influence of wireless parameters, video quality, playback quality and terminal parameters on the mobile video experience, establishes the mobile video experience evaluation model based on Analytic Hierarchy Process(AHP), and developed the video experience evaluation software VideoMos based on the ijkplayer video player framework and accuracy rate reached 71.57%, with a certain reference value.

Keywords: Mos; QoE; AHP; ijkplayer; VideoMos

0 引言

在移动视频业务领域,4G网络正在给用户带来更优质的体验,良好用户体验成为提高效益和抢占流量入口的关键。因此,需要一系列的标准和方法来衡量移动视频业务性能,进而反映用户在观看视频的体验。基于服务质量(QoS)是最广泛采用的度量标准,其评价标准包括网络的吞吐率、时延、丢包率、抖动、误码率等,这些指标用来衡量网络层面的质量,没有考虑用户层面的主观感受,因此它不能直观地衡量视频体验带给用户的体验^[1]。基于QoE是

用户对视频的质量体验后产生的主观感受。平均主观意见分(mean opinion score,MOS)用来表征用户的主观感受得分^[2]。当前基于QoE的方法中,必须提供严格的测试环境,考虑大量的影响因素和可能性,因而实现起来步骤复杂,代价昂贵;不方便随时随地对视频业务进行衡量;不适合去评估当前比较流行的DASH和HLS自适应码率流媒体协议^[3];当前方法在衡量影响用户体验的因素中,没有考虑播放过程中的缓冲时延和卡顿因素对于用户体验的影响,在操作性和兼容性上尚不完整。

本文从QoE的度量标准出发,挖掘影响用户主观体验

的要素,发现无线参数,播放参数,视频参数,终端参数对用户主观体验影响最大,因此以这 4 个参数为基础建立视频体验评估模型,同时完成视频体验评估移动客户端 VideoMos 的开发和设计,本文采纳 ijkmplayer 播放器内核,对其内核进行修改定制,使其满足视频体验质量评估的需求,为移动视频质量评估带来便捷。

1 MOS 的影响因素

1.1 无线质量

移动视频数据从服务器端通过 4G 无线网络到达手机终端,衡量 4G 无线质量参数有很多,能够体现视频传输质量的参数有终端接受信号强度 (received signal strength indication, RSSI) 和手机当前接收到的可用导频信号强度与手机当前所接收到的所有干扰信号强度之比 (energy chip/interfere other cell, Ec/Io)^[4],因此用这 2 个参数来衡量 4G 网络的质量。

1.2 视频参数

手机终端对接收到的数据解封装和解码,将视频数据输出成非压缩的颜色数据,例如 YUV420P、RGB 等等,再将其显示出来。影响视频内容清晰度的关键因素包括视频编码方式、视频分辨率、码率和帧率。当前视频编码方式主要由 H. 263、H. 264、H. 265、VP9 等^[5],其中 H. 264 是最主流的编码方式,同样的画质和码率, H. 265 比 H. 264 占用的存储空间要少 50%, VP9 和 H. 263 总体性能劣于 H. 264^[6]。帧率是视频每 s 显示的帧数,帧率越高,画面越连续;客户端实时图像评估一般采用无参考图像质量评价算法来衡量,但其算法复杂度较高,速度尚达不到 25 帧/s(一般视频的帧率)^[7],本文采用分辨率来体现了画面的图像质量;码率反映了视频数据的压缩比,码率越高,视频越清晰^[8],采用这 4 个参数来表征视频的质量。

1.3 终端参数

目前市场上手机设备层出不穷,手机硬件性能对视频质量和观看体验有直接的影响,对视频质量影响最大的硬件参数主要是屏幕尺寸和屏幕分辨率^[9],尺寸越大和分辨率越高带给人的舒适感越强。

1.4 播放参数

视频质量和用户体验最终的感受是由播放过程显示的画面质量和带给人观感体验决定的,播放过程中视频加载流畅度对心理感受有直接影响。流畅度的衡量标准是首次播放画面时用户的等待时间和视频播放过程中画面卡顿时间占比。用这两个参数来衡量播放质量,卡顿时间占比表示卡顿的时间总和与播放时间总和的比例,其比例越高,代表网络质量越差,带给用户的感受越差。

2 用户体验评估模型

2.1 层次分析法

层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 是对多

因素问题作出决策的方法模型,适用于那些难以用特定标准考量的问题^[10]。层次分析法依次由以下 4 个步骤完成,如图 1 所示。

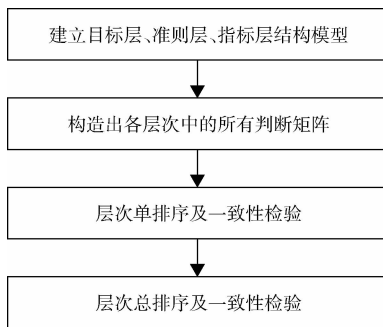


图 1 层次分析法建模过程

根据层次分析法对用户移动视频体验评估问题做分解,目标层为移动视频体验评估值;准则层包括无线参数、视频参数、播放参数和终端参数;RSSI、Ec/Io、分辨率、帧率、码率、编码方式、首次加载等待时间、卡顿时间占比、屏幕分辨率、屏幕尺寸为指标层。整体层次模型如图 2 所示。

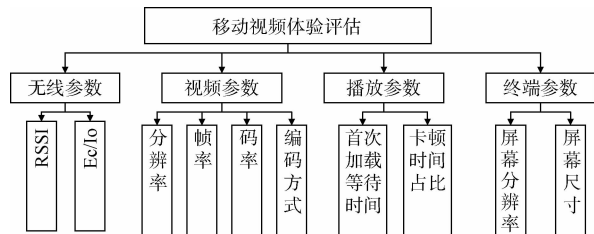


图 2 AHP 评估模型

2.2 评估模型构建

2.2.1 数学模型

视频质量体验评估模型中分为 3 个层次,总共 10 个参数,每个参数的数学表示如表 1 所示。

表 1 AHP 模型中数学符号含义

| 符号 | 说明 | 符号 | 说明 |
|-----------------|----------|----------|------------------------|
| $Mos_{predict}$ | 用户体验预测得分 | t_{nm} | 第 m 个准则下的第 n 个指标系数 |
| T_1 | 无线参数 | T_3 | 播放参数 |
| T_2 | 视频参数 | T_4 | 终端参数 |

构建准则层对目标层层次模型,向量 $\vec{a} = (a_0, a_1, a_2, a_3, a_4)$ 为影响系数:

$$Mos_{predict} = a_0 \cdot T_1^{a_1} \cdot T_2^{a_2} \cdot T_3^{a_3} \cdot T_4^{a_4} \quad (1)$$

式(1)中的 4 个准则可表示式(2),表示指标层各个因素对其所属准则层的影响:

$$\begin{cases} T_1 = \sum_{i=1}^2 t_{1i} \cdot x_{1i} + x_{10} \\ T_2 = \sum_{i=1}^2 t_{2i} \cdot x_{2i} + x_{20} \\ T_3 = \sum_{i=1}^2 t_{3i} \cdot x_{3i} + x_{30} \\ T_4 = \sum_{i=1}^2 t_{4i} \cdot x_{4i} + x_{40} \end{cases} \quad (2)$$

各个准则层的影响系数表示为如下:

$$\begin{cases} \vec{X}_1 = (x_{10}, x_{11}, x_{12}) \\ \vec{X}_2 = (x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}) \\ \vec{X}_3 = (x_{30}, x_{31}, x_{32}) \\ \vec{X}_4 = (x_{40}, x_{41}, x_{42}) \end{cases} \quad (3)$$

向量 $\vec{X}_1, \vec{X}_2, \vec{X}_3, \vec{X}_4$ 是各个指标层分别对其所属准则层的回归系数。

2.2.2 模型求解

首先求解指标层对准则层的影响系数,即式(2),然后求出准则层对目标层的影响系数,即式(1),然后将式(2)的代入式(1),即可得到此模型。

在多元线性回归求解过程中,发现当RSSI高于-93 dB时, $Mos_{predict}$ 分布均匀,当低于-93 dB时,视频很难加载出来,无法求解移动视频体验得分,因此无线参数对于此模型没有太大意义,不再计入模型。视频参数、播放参数、终端参数的系数向量计算结果如下:

$$\begin{cases} \vec{X}_2 = (0.423, 2.312, 1.010, 0.803, 0.673) \\ \vec{X}_3 = (0.363, 4.137, 2.132) \\ \vec{X}_3 = (0.132, 1.639, 0.327) \end{cases} \quad (4)$$

式(1)中 a_1 此时为1,再对式(1)中的系数进行多元线性回归计算,经过一致性检验式回归系数为 $\vec{a} = (0.632, 1.436, 1.031, 0.217)$,代入式(1)得到

$$Mos_{predict} = 0.632 \cdot T_2^{1.436} \cdot T_3^{1.031} \cdot T_4^{0.217} \quad (5)$$

将式(2)代入式(5)即可得到指标层对目标层的影响模型,这样就可以通过此模型来评估各项指标的用户体验MOS值。

3 客户端实现

3.1 播放器框架修改

数据收集通过手机客户端来实现,开发出手机客户端VideoMos软件,通过播放在线视频获取播放环境下的无线参数、视频参数、播放参数和终端参数,将参数代入视频体验评估模型计算得出最终的MOS得分。其中获取视频参数,播放参数需要通过视频播放器根据其播放器内核的播放原理来获取的^[11],为了满足绝大部分协议视频流的评估,特别是对HLS视频和DASH视频的支持^[12],选择ijkplayer作为手机客户端VideoMos的播放器框架,ijkplayer是基于ffmpeg的轻量级Android/IOS的开源视频播放器框架^[13],支持HLS和DASH视频,由于框架开

源,可以通过修改框架源码来获取需要的参数,满足视频体验评估的需求。除此之外ijkplayer实现了跨平台功能,API易于集成,编译配置可裁剪,方便控制安装包大小,支持硬件加速解码^[14],更加省电。Ijkplayer框架的示意图如图3所示。

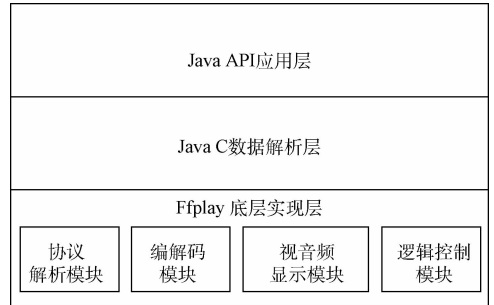


图3 ijkplayer框架

获取播放参数首次加载等待时间和卡顿时间占比在ijkplayer并没有对应的接口可以调用,需要生成相应的API接口,这两个参数与播放器内核的解码缓冲区大小有关,当解码缓冲区的数据积累达到一定门限时就会触发显示模块,在ijkplayer层中解码缓冲区的大小为15M,触发显示缓冲门限为10s,缓冲区从0达到10s的缓冲量时所需要的时间就是初始加载等待时间。在播放过程中,当解码缓冲区的视频累积量达不到10s时,显示模块会暂停显示,暂停的时间就是卡顿时间,卡顿时间的总和与播放过程的时间总和之比就是卡顿时间占比。通过修改ffplay底层实现层的编解码模块、协议解析模块、视音频显示模块,提取相关的时间参数回传给ijkplayer C数据解析层,将参数打包回传给上层Java应用层,这样Java应用层就可以得到初始加载等待时间和卡顿时间占比。

3.2 客户端实现

客户端会将准备的视频源URL存放在本地,视频源主要来源于主流视频网站,VideoMos会播放此视频源10min,在此期间客户端会收集以上4项参数,播放完毕后将数据做归一化处理,传递给视频体验评估模型计算MOS分,最后将参数和MOS分显示在手机屏幕上,客户端软件框架如图4所示,客户端播放列表和参数显示信息如图5所示。

3.3 结果验证

通过对准确率(accuracy)和平均绝对百分误差(mean absolute percent error, MAPE)对结果进行验证。准确率是指验证集的MOS计算得分和真实MOS之差绝对值小于0.2以内就认为预测正确,正确的数量与验证集总数量之比即为准确率。平均绝对百分误差为每条记录MOS绝对差值除以真实MOS得到百分误差,最后求出验证集中所有记录的百分误差的平均值,即为MAPE^[15]。

在不同的手机平台下,采集了2000条数据,其中的

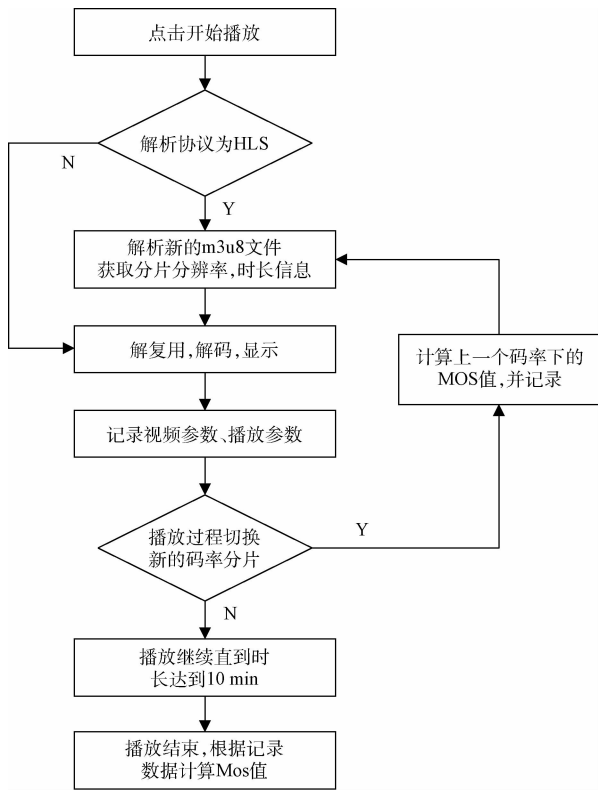


图 4 软件设计框架

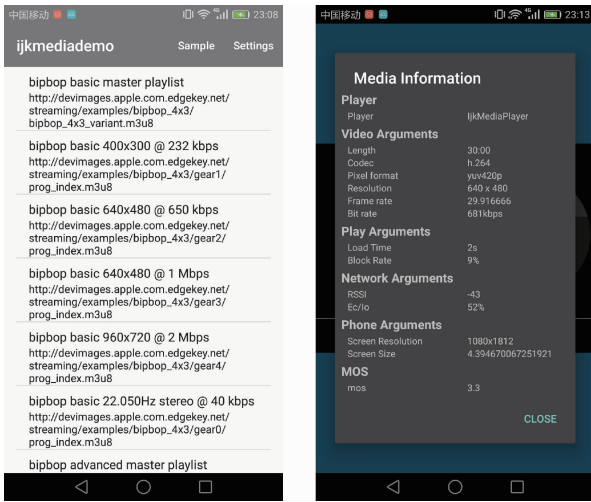


图 5 视频播放列表和参数显示

70%的结果作为模型的训练样本,求解得到视频体验评估模型,剩下的 25%作为验证样本,经过测试评估模型,其准确率达到 71.57%,平均绝对百分误差为 13.38%,表明此模型具有比较高的可信度。

4 结 论

本文研究了无线网络下对用户观看视频体验关键的影响因素,建立了用户视频体验评估模型,开发了基于

ijkplayer 播放器内核的视频体验评估软件 VideoMos,能够随时随地运用于 4G 无线场景,给视频体验评估带来了极大的便捷。

参 考 文 献

- [1] 林闯,胡杰,孔祥震. 用户体验质量(QoE)的模型和评价方法综述[J]. 计算机学报, 2012, 35(1): 1-15.
- [2] 陈希宏,金跃辉,杨谈. 3G 网络中移动视频质量评估模型的研究[J]. 计算机科学, 2015, 42(9): 86-93.
- [3] 黎洁,张陈香,鲍忠明,等. 基于 D2D 网络通信的可伸缩视频多播算法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(6): 923-930.
- [4] 佚名. 基于 Qualipoc 无线网络优化和评估解决方案[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(4): 1-4.
- [5] 陈辰灿,滕国伟,王国中,等. X265 的平均码率控制算法优化[J]. 电子测量技术, 2016, 39(8): 58-63.
- [6] 任仲夷,孙伟,穆德国. 基于 PSNR 评价方法的 H. 264 与 HEVC 视频编码标准比较分析[J]. 信息与电脑, 2016(15): 86-91.
- [7] 王红玉,冯筠,牛维,等. 基于再模糊理论的无参考图像质量评价[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(7): 1647-1655.
- [8] 苏洪磊. 基于码流的网络视频无参考质量评估研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2014.
- [9] 刘祺. 智能终端视频质量评估[D]. 西安:西安电子科技大学, 2014.
- [10] 李江. 基于 Android 的 4G 网络移动高清视频监控系统关键技术的研究[D]. 杭州:浙江大学, 2016.
- [11] 潘孝群. Android 平台上的移动视频监控的设计[D]. 杭州:杭州电子科技大学, 2014.
- [12] 阮伟聪. 基于 MPEG-DASH 的视频点播系统的设计与实现[D]. 广州:华南理工大学, 2014.
- [13] 胡聪,周甜,唐璐丹. 基于 FFmpeg 的跨平台视频编解码研究[J]. 武汉理工大学学报, 2011(11): 139-142.
- [14] 李炜锋,于鸿洋. 基于 Android 的视频软硬解码及渲染的对比研究与实现[J]. 电视技术, 2014, 38(9): 67-70.
- [15] 桂振文. 无线网络视频评估系统[D]. 武汉:武汉理工大学, 2009.

作 者 简 介

杨世铭,工学硕士,主要研究方向为视频质量评估、计算机视觉与人工智能。

E-mail: ysm_shu@163.com